تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲٤ / شماره ۷۸/ بهار و تابستان/۱٤۰٤/ ص ۷۲ - ۵۹
سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر خمیر ترش نوع دوم سبوس برنج بهینه بر خصوصیات کیفی، مقدار اسید فیتیک و ماندگاری نان قالبی

فریبا قربانی سرایدشتی [۱]، عباس عابدفر [۲*]، علیرضا مهرگان نیکو [۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
[۲*]استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
[۳]استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۱/۲۳

چکیده

خمیرترش یک افزودنی سالم همراه با میکروارگانیسم‌های مفید مانند باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) و مخمرها می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های کیفی و حسی و ارزش تغذیه‌ای مول نان طی ماندگاری آن شود. در این پژوهش، نان با خمیرترش سبوس برنج (RBS) نوع دوم با شرایط بهینه (۱۸/۶۱ درصد خمیرترش، ۲۳ ساعت زمان تخمیر و ۲/۱ درصد سوبسترا) توسط باکتری *Pediococcus stilesii* تهیه شد و ویژگی‌های کیفی و مقدار اسید فیتیک آن با نان بدون خمیرترش طی ماندگاری (روزهای اول، سوم و پنجم) بررسی و مقایسه گردید. ویژگی‌های کیفی مورد نظر شامل خصوصیات بافتی، حجم مخصوص، مقدار تخلخل، رنگ پوسته و پذیرش کلی نان بود. از آنجایی که نان‌های خمیرترش به دلیل وجود LAB و فعال شدن آنزیم فیتاز مقدار اسید فیتیک کمتری نسبت به نان‌های بدون خمیرترش دارند، این ویژگی نیز در این پژوهش بررسی شد. همان طور که انتظار می‌رفت، مقدار اسید فیتیک در نان دارای RBS کمتر بود. نتایج تحقیق نشان داد که نان‌های دارای خمیرترش سبوس برنج طی ماندگاری، در مقایسه با نان فاقد خمیرترش، دارای ویژگی‌های بافتی و ظاهری و حسّی بهتری است و به دلیل محیط اسیدی و pH کمتر و وجود باکتری‌های مفید LAB همراه با متابولیت‌های تولید شده توسط آن‌ها در زمینه تغذیه‌ای و پذیرش کلی، نسبت به نان بدون خمیرترش، مزایای بالاتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: اسیدفیتیک، بیاتی، خمیرترش سبوس برنج، ویژگی‌های کیفی، *Pediococcus stilesii*

مقدمه

نان به عنوان غذای اصلی، ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی درد و همین امر منجر به علاقه محققان به بهینه‌سازی کیفیت پس از تولید و افزایش ماندگاری آن شده که با حفظ و بهبود طعم و خواص بافتی و نیز تأخیر در فساد میکروبی این محصول مرتبط است. نان منبع مهم انرژی و پروتئین، کربوهیدرات‌های پیچیده (عمدتاً نشاسته)، فیبر غذایی، ویتامین‌ها (به ویژه ویتامین‌های B) و مواد معدنی است. خاصیت «تازگی/طراوت» محصول نان که ارتباط نزدیکی با کیفیت کلی نان دارد، تنها برای مدت کوتاهی دوام می‌آورد، این ویژگی به سرعت به‌هنگام ذخیره‌سازی بدتر می‌شود که با تغییرات زیادی به ویژه فساد میکروبی، تخریب بافت و از دست رفتن طعم و عطر همراه است. آگاهی در مورد اثرهای نامطلوب برخی از افزودنی‌های مصنوعی مواد غذایی باعث افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات با برچسب سالم شده است (Dong & Karboune, 2021). یکی از دلایل افزایش ضایعات نان، بیات شدن آن است. بیاتی در اثر از دست رفتن رطوبت پس از تولید و تجزیه نشاسته رخ می‌دهد. بیات شدن نان باعث از بین رفتن برخی از خصوصیات بافتی و عطری نان می‌شود که همین موضوع دلیلی است برای

نویسنده مسئول: **Email:** a.abedfar@guilan.ac.ir
http://doi: 10.22092/fooder.2025.368600.1417
© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

نارضایتی مصرف‌کنندگان و دورریز این محصول (Yuksel & Kayacier, 2016). بنابراین، پژوهشگران این صنعت به‌منظور بهبود خواص تکنولوژیکی و حسی و افزایش ارزش تغذیه‌ای و مدت ماندگاری، کاهش میزان ضایعات نان که نتیجه تولید غیراصولی آن است (Abedfar *et al.*, 2019)، و برآورده کردن تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات بدون افزودنی، راهکارهای متفاوتی ارائه کرده‌اند که یکی از مهم‌ترین موارد آن کاربرد خمیرترش در این محصول استراتژیک است. خمیرترش سیستم بیولوژیکی بسیار پیچیده‌ای است که اساس تشکیل آن همزیستی بین فلور میکروبی آرد سبوس (یا اجزای آن) و آب است که با مخمرها و باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیر شده باشد. این میکروارگانیسم‌ها ویژگی‌های نان از جمله حجم، خصوصیات پوسته، دانه‌بندی و رنگ مغز نان، طعم، آروما و بافت آن را بهبود می‌بخشند و با جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های مولّد فساد باعث افزایش زمان ماندگاری نان می‌شوند (Chavan & Jana, 2008; Gobbetti *et al.*, 2014). افزایش ماندگاری نان‌های خمیرترش در وهله نخست عمدتاً به دلیل تولید اسیدهای لاکتیک و استیک است که منجر به افت pH می‌شود. علاوه بر این، ترشح ترکیبات ضد میکروبی می‌تواند از رشد ناخواسته میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کند و در کنترل بیاتی آن مؤثر باشد (Fraberger *et al.*, 2020). خمیرترش ممکن است بر اساس نوع تخمیر و فرآیند تکنولوژیکی مورد استفاده دارای انواع مختلفی باشد. به طور خلاصه، خمیرترش نوع I، تخمیر مخمرها و LAB موجود در آرد به صورت خودبه‌خود اتفاق می‌افتد، در حالی که در نوع II، تخمیر پس از تلقیح کشت آغازگر اتفاق می‌افتد. نوع III خمیرترش با خشک کردن و آبگیری خمیرترش نوع دوم تهیه می‌شود (Siepmann *et al.*, 2018). سبوس برنج[1]محصول جانبی فرآیند آسیاب‌کردن برنج، لایه بین هسته برنج و پوسته، منبع عالی کربوهیدرات (۳۴-۵۲ درصد)، لیپید (۱۵-۲۲ درصد)، پروتئین (۱۰-۱۶ درصد) و فیبر (۷-۱۱ درصد) و حاوی سطوح بالایی از ترکیبات فعال زیستی از جمله γ- اوریزانول، فیتواسترول‌ها و پلی‌فنول‌هاست. ثابت شده است که مصرف RB سبب پیشگیری از بیماری‌های مزمن مانند دیابت و اختلالات قلبی عروقی شده و کنترل آن‌ها می‌شود و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد سرطانی است (Espinales *et al.*, 2022). برخی از ترکیبات موجود در غلات، به ویژه اسید فیتیک، می‌توانند فراهمی زیستی مواد معدنی را کاهش دهند. اسید فیتیک موجود در غلات در مقادیر متغیر و به عنوان عامل ضد تغذیه‌ای است که از جذب کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم، منگنز و روی جلوگیری می‌کند و با تشکیل فیتات‌ها، آن‌ها را انحلال‌ناپذیر می‌کند. کاهش pH ناشی از اسیدی شدن در نتیجه تخمیر خمیرترش، فعالیت فیتاز درون‌زا را در دانه‌های غلات افزایش می‌دهد و این غلات را حتی از آن‌هایی که منشأ میکروبی دارند، مؤثرتر می‌سازد (Fernández-Peláez *et al.*, 2020). فرآیند تخمیر می‌تواند مقدار بالای اسید فیتیک سبوس برنج را جبران کند و آن را کاهش دهد. علاوه بر اینُ نوع دوم خمیرترش سبوس برنج می‌تواند طعم و بافت نان‌های تولید شده را بهبود بخشد. در واقع، این اثرهای مفید RBS مربوط به متابولیت‌های تولید شده توسط LAB و مخمر نانوایی در فرآیند تخمیر است (Farahmand *et al.*, 2015)، ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al.*, 2022) با بررسی اثرهای ترکیبی پوره کدو تنبل و خمیرترش‌های مختلف سبوس غلات بر ویژگی‌های بافتی و حسی و اسید فیتیک در نان تابه از طریق روش سطح پاسخ دریافتند که پوره کدو تنبل و خمیرترش سبوس غلات به طور هم افزایی سبب بهبود خواص بافتی و حسی محصول می‌شود. محمدی کوچصفهانی و همکاران (Mohammadi-Kouchesfahani *et al.*, 2019) به شناسایی و جداسازی باکتری‌های اسید لاکتیک با فعالیت فیتاز از خمیرترش‌های مختلف گندم-حبوبات به منظور یافتن آغازگری مناسب برای تهیه نان پرداختند. بیشترین فعالیت فیتاز برای *Weissella confusa* mk.zh95 یافت شد. *W. confusa* mk.zh95 منبع جالبی از فیتاز طی تخمیر غلات و حبوبات در نظر گرفته شد که فراهمی زیستی مواد معدنی را بهبود بخشید. ترکمانی و همکاران (Torkamani *et al.*,

1. Rice bran (RB)

2015) با بررسی ویژگی‌های کیفی و ماندگاری نان تافتون با استفاده از خمیرترش و آغازگرهای مختلف نشان دادند که بیشترین بیاتی در سه روز نگهداری برای نان با ۱۵ درصد خمیرترش تخمیر شده با *Lactobacillus casei* حاصل شد. نان به دست آمده از خمیرترش *Lactobacillus plantarum* نسبت به خمیرهای تخمیر شده توسط *L. casei* و *Lactobacillus acidophilus* فعالیت ضد کپک بیشتری داشت.

با توجه به اینکه نان جز رژیم غذایی اکثر جوامع است بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش مدت ماندگاری آن بدون مواد افزودنی شیمیایی و مصنوعی هدف اصلی محققان این صنعت است. از این رو هدف اصلی این پژوهش تعیین ویژگی‌های کیفی و مقدار اسیدفیتیک نان گندم قالبی با RBS نوع دوم تحت شرایط بهینه شده و با آغازگر *Pediococcus stilesii* (کنسرسیوم میکروبی غالب بومی استان در شرایط بستر غوطه‌وری تخمیر سبوس برنج) در مقایسه با نان شاهد بدون خمیرترش در طی ماندگاری بود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل آرد گندم و سبوس برنج برای تهیه نان قالبی و خمیرترش به‌ترتیب از کارخانه آرد تجارت رودسر و کارخانه گیلتاز لنگرود تهیه و خصوصیات شیمیایی آن‌ها براساس روش‌های مدون (AACC, 2010) تعیین شد. برای تهیه RBS نوع دوم کنترل شده از آب و آرد سبوس برنج و تلقیح کشت آغازگر *p.stilessi* باکتری غالب غربالگری و شناسایی شده از RBS نوع اول استفاده شد.

آماده سازی نان RBS بهینه و نان شاهد بدون خمیرترش

RBS نوع دوم با بازده خمیر ۲۵۰ توسط باکتری *p.stilessi* بر اساس روش ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2022) با برخی تغییرات تهیه شد. آغازگر مورد نظر به میزان مشخصی (۰/۱ درصد) و ۲/۱۱ درصد گلوکز به عنوان سوبسترا به اکوسیستم خمیرترش (آرد سبوس برنج و آب) اضافه شدند و به مدت ۲۳/۰۶ ساعت تخمیر شد. نان‌های تولیدی شامل ۱/۵ درصد نمک، ۱/۵ درصد شکر، ۲ درصد مخمر خشک فوری (فعال) در صدگرم آرد گندم، به همراه RBS بودند. مقدار آب لازم برای خمیرگیری بر اساس درصد استخراج آرد و شرایط مخلوط کردن تعیین شد. پس از مخلوط‌کردن مواد، خمیر به مدت ۳۰ دقیقه تخمیر اولیه و سپس در قطعات ۲۵۰ گرمی به مدت ۹۰ دقیقه تخمیر نهایی شد. در نهایت، خمیرها در فر (KGS-Kimiyagas) در دمای ۲۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه پخته شدند (Abedfar *et al*., 2019). نان شاهد نیز با شرایط و مواد اولیه مشابه، اما بدون خمیرترش تهیه گردید.

ارزیابی خصوصیات بافتی نان بهینه RBS و نان شاهد در طی ماندگاری

خصوصیات بافت نان RBS و نان شاهد در روز اول، سوم و پنجم در سه تکرار بررسی شد. آنالیز ویژگی‌های بافت برای بررسی مقدار سختی و قابلیت جویدن بافت نان در سه تکرار روی سه برش۴×۴×۴ سانتی‌متر از نمونه نان پخته صورت گرفت. بدین منظور یک دستگاه تحلیل‌گر بافت (Brookfield CT3) برای اجرای TPA با یک پروب آلومینیمی استوانه‌ای استفاده شد. سرعت ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه برای فشرده‌سازی بافت نان تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه استفاده شده (Kia *et al*., 2024).

ارزیابی حجم مخصوص و تخلخل نان بهینه RBS و نان شاهد طی ماندگاری

تخلخل نان با استفاده از تکنیک پردازش تصویر تعیین شد. برای این کار، برشی به ابعاد ۴×۴ سانتی‌متر از مغز نان تهیه و با دوربین تصویر برداری شد. تصاویر به نرم‌افزار ImageJ نسخه ۲۰۲۴ منتقل شد و با فعال‌سازی حالت ۸ بیت و محاسبه نسبت نقاط تاریک و روشن پس از تبدیل به حالت binary، میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد گردید (Madadi *et al*., 2024). حجم مخصوص نان RBS با استفاده از روش جایگزینی دانه ارزن بر اساس استاندارد AACC شماره ۱۰-۰۵.۰۱ تعیین شد. بدین منظور نان در یک ظرف با حجم مشخص قرار داده شد و دانه‌ها را طوری که نمونه نان پوشانده شود، در ظرف ریخته شد (Khuenpet *et al*., 2020). در این دو آزمون، هر دو نمونه نان طی ماندگاری (روز اول، سوم و پنجم) و سه تکرار برآورد شدند.

ارزیابی خصوصیات رنگی و شاخص قهوه‌ای شدن پوسته نان بهینه RBS و نان شاهد طی ماندگاری

آنالیز خصوصیات رنگی نان شاهد و نان RBS طی ماندگاری با تعیین شاخص‌های L* a* b* و روش تصویربرداری اجرا گردید. در این فرایند L* نشان دهنده روشنایی (سفید-سیاه) و a* و b* مختصات رنگی (به ترتیب قرمز-سبز و زرد-آبی) است (Sadeghi *et al.*, 2016). پس از تصویر برداری از برشی به ابعاد مشخص از پوسته نان، تصاویر به برنامه image j انتقال یافتند. با فعال‌سازی قسمت Lab در بخش plugins، سه شاخص رنگی محاسبه شدند. برآیند اختلاف رنگی[2] TCD (Total color difference) نیز از معادله (۱) تعیین شد (Abedfar *et al.*, 2018).

$$TCD = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (۱)$$

شاخص قهوه‌ای شدن[3] BI مربوط به رنگ قهوه‌ای پوسته نان‌هاست که از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی یا غیر آنزیمی حاصل می‌شود. BI با معادله‌های (۲) محاسبه شد (Srisuk & Jirasatid, 2023):

$$\text{Browning index} = 100\,(x - 0.31)/\,0.17 \quad (۲)$$

$$x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 3.012b^*)}$$

ارزیابی مقدار اسید فیتیک نان بهینه RBS و نان شاهد طی ماندگاری

پنج گرم نمونه به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۵ درصد حاوی ۱۰ درصد سولفات سدیم اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار گرفت. ده میلی‌لیتر از مایع رویی برای استخراج اسید فیتیک برداشته شد و ۵ میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۶ درصد حاوی ۵ درصد سولفات سدیم و ۰/۴ درصد آهن (III) کلرید به آن اضافه گردید. این مخلوط به مدت ۴۰ دقیقه در حمام آب جوش نگهداری شد تا رسوب فیتات آهن تشکیل شود. رسوب حاصل با سانتریفیوژ در سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ دقیقه جدا شد. سپس ۶ میلی‌لیتر مخلوط اسید سولفوریک و نیتریک غلیظ (۱:۱v/v) به رسوب اضافه شد تا در بالن هضم کلدال کاملاً هضم شود. ده میلی‌لیتر آب مقطر نیز به این مخلوط افزوده گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش حرارت داده شد تا پیروفسفات حذف شود. پس از رقیق‌سازی، ۱۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم هپتامولیبدات به آن اضافه شد و پس از ۱۵ دقیقه استراحت، جذب نمونه در طول موج ۴۲۰ نانومتر خوانده شد تا مقدار اسید فیتیک با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شود (Naji-Tabasi *et al.*, 2022).

ارزیابی پذیرش کلی نان بهینه RBS و نان شاهد طی ماندگاری

خصوصیات حسی نان‌های تولیدی در روز اول و سوم و پنجم به‌منظور تعیین میزان پذیرش کلّی، رنگ پوسته و بافت، قابلیت جویدن، سفتی بافت، طعم، تخلخل و خاصیت ارتجاعی بر مبنای ۱کم‌ترین و ۵ بالاترین امتیاز در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت (تازه‌خوری)، از طریق آزمون چشایی توسط ۱۰ ارزیاب ارزیابی شدند (Katina *et al.*, 2006).

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی نتایج آماری نان بهینه RBS نوع دوم و نان شاهد طی ماندگاری، از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) با سه تکرار، به‌منظور ارزیابی بافت، حجم مخصوص، تخلخل، خصوصیات رنگی پوسته، اسید فیتیک و پذیرش کلی استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری دانکن و LSD در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی آردهای مصرفی

ویژگی‌های شیمیایی آرد سبوس برنج بر حسب درصد شامل ۵۷/۰۳ /۰±۱۴ پروتئین، ۰/۰۴±۱۰/۰۷خاکستر کل، ۰/۳۱±۴/۵۱ اسیدیته و ۰/۱۴±۹/۳۸ رطوبت بود درحالی که آرد گندم شامل ۴/۲۲±۹/۰ پروتئین، ۰/۰۱±۰/۴۸ خاکستر

2. Total color difference
3. Browning Index

کل، ۰/۰۱±۹ اسیدیته، ۰/۳±۱۳/۳ رطوبت و۰/۱±۲۳/۸ گلوتن بود که بر اساس روش‌های مدون (AACC, 2010) تعیین شد.

خصوصیات بافتی نان RBS بهینه و شاهد طی ماندگاری

سفتی بافت: بنابر نتایج حاصل از اندازه‌گیری سفتی بافت (جدول ۱)، این خصوصیت برای هر دو نمونه نان بهینه و شاهد طی ماندگاری دارای روند افزایشی بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین مقادیر سفتی نشان داد که در روز اول سفتی بافت نان بهنیه (N ۰/۷۸ ± ۹/۰۳۲) کمتر از سفتی بافت نان شاهد (N ۱/۶۳±۲۱/۰۴۸) بود. مقدار سفتی نان بهینه و نان شاهد در روزهای بعد افزایش یافت اما همیشه نان شاهد بافت سفت‌تری نسبت به نان بهینه خمیرترشی داشت؛ افزایش اسیدیته ناشی از فعالیت LAB در نان حاویRBS از طریق مکانیسم‌های پروتئولیتیک و هیدرولیز پلی‌ساکاریدها، به نرم شدن بافت نان کمک می‌کند. تأثیر روزهای نگهداری سبب تغییرات قابل توجهی در نتایج این ویژگی بافتی شد. و اثر متقابل دو تیمار نان بهینه و شاهد و روزهای نگهداری دارای تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ درصد بودند. مقایسه میانگین داده‌های هر دو تیمار نان نشان داد که سفتی نان RBS بهینه در روز اول و پنجم دارای تغییرات معنی‌داری هستند. دی و همکاران (Di *et al.*, 2018) نتایج مشابهی با پژوهش حاضر، از بررسی سفتی نان بخارپز دارای خمیرترش با باکتری*Lactobacillus plantarum* M616 به‌دست آوردند. آن‌ها در پژوهش خود با بررسی سفتی بافت نان خمیرترش طی روزهای نگهداری گزارش کردند که مقدار سفتی افزایش یافته است. این نتایج با نتایج تحقیقات کاتسی و همکاران (Katsi *et al.*, 2021) همخوانی دارد؛ آن‌ها در پژوهش خود با بررسی سفتی بافت نان خمیرترش در روزهای نگهداری گزارش کردند که مقدار سفتی افزایش یافته است.

قابلیت جویدن: جویدن به مقدار انرژی لازم برای خرد کردن ماده غذایی تا زمان بلع تعریف می‌شود، از این رو هر چه مقدار آن کمتر باشد ماده غذایی مورد نظر راحت‌تر جویده و خرد می‌شود. نمونه نان بهینه در روز اول نیاز به انرژی کمتری برای جویدن داشت و با افزایش زمان ماندگاری در روزهای سوم و پنجم این مقدار افزایش یافت. مقدار نیروی لازم برای جویدن در نان شاهد در مقایسه با نان RBS بهینه بیشتر بود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس در جدول (۱) در سطح ۵ درصد اثر هر دو تیمار (بهینه و شاهد) و زمان (روز اول، سوم، پنجم) روی متغیر مورد مطالعه معنادار است. با این حال، اثرهای متقابل تیمارها و زمان ماندگاری در نتایج این خصوصیت بافتی کمتر از ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بود، که نشان‌دهنده این است که تأثیر تیمارها بسته به زمان متفاوت بوده و اثر تیمارها در طول زمان تغییر می‌کند. این نتایج با نتایج تحقیقات ترازاس آویل و همکاران (Terrazas-Avila *et al.*, 2024) مطابقت دارد؛ آن‌ها در نتایج خود گزارش کردند که با افزایش زمان ماندگاری مقدار انرژی مورد نیاز جویدن افزایش می‌یابد. خاصیت جویدنی بودن نان در ابتدا که از فر خارج می‌شود، بسیار کم است و در طول زمان ذخیره‌سازی به دلیل بلورینگی مجدد نشاسته افزایش می‌یابد.

چسبندگی بافت: میزان چسبندگی نان به عنوان یکی دیگر از پارامترهای بافت طی نگهداری دو نمونه نان بررسی شد. و نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین چسبندگی بافت نشان داد که تیمارها و بلوک‌های آزمایش و روزهای نگهداری اثر معنی‌داری بر این ویژگی نان داشتند. علاوه بر این، اثر متقابل روزها و تیمارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. مقدار چسبندگی (جدول ۱) با افزایش روزهای نگهداری افزایش یافت. در روز اول، چسبندگی نان بهینه با روز سوم تفاوت معنی‌داری نداشت اما در روز پنجم تغییر بیشتری یافت و در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. در مقابل، نان شاهد نیز در روز اول با روز پنجم دارای تغییرات معنی‌داری بود.

در پژوهش‌های کتانسیلار و همکاران (Kotancilar *et al.*, 2008) نتایجی مشابه گزارش شده است. در این پژوهش با افزایش مدت ماندگاری نان خمیرترش مقدار چسبندگی بافت آن نیز افزایش یافت.

انسجام بافت: انسجام به استحکام پیوندهای داخلی تشکیل دهنده بدنه محصول مرتبط است (Gobbetti & Rizzello, 2024). بررسی آنالیز واریانس انسجام نان‌ها نشان داد که با

گذر زمان مقدار انسجام کاهش می‌یابد. با توجه به این نکته که عمدتاً هر چه مقدار انسجام بیشتر باشد نان مطلوب تر است نان RBS با آغازگر *P.stilessi* در مقایسه با نان شاهد دارای انسجام بالاتری بود. تجزیه و تحلیل آماری این ویژگی نشان داد که روزها و بلوک‌های آزمایش و تیمارهای نان دارای اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد بودند. یعنی هر یک به تنهایی توانست بر انسجام نان اثرگذار باشد. این نتایج با نتایج تحقیقات دورموس و همکاران (Durmus *et al.*, 2024) و دی و همکاران Di *et al.*, 2018 در کاهش مقدار انسجام بافت نان خمیرترش مطابقت دارد. باکتری‌های لاکتیکی با تولید اسید لاکتیک و افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، باعث تجزیه نشاسته و تبدیل آن به دکسترین‌های کم‌وزن مولکولی می‌شوند. این فرآیند به کاهش سختی نان و بهبود بافت آن کمک می‌کند و نقش مهمی در مقابله با بیاتی نان دارد (Faraji *et al.*, 2017).

جدول ۱- نتایج تحقیق روی بافت نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد طی ماندگاری

Table 1- Results of the Texture of the RBS bread and the Control bread during storage

Texture Analysis Results		Shelf Life Duration		
		First Day	Third Day	Fifth Day
Hardness (N)	RBS Bread	$9.032\pm0.78^{d\,B}$	$10.82\pm0.13^{dc\,B}$	$12.418\pm1.2^{c\,B}$
	Control Bread	$21.048\pm1.63^{b\,A}$	$23.552\pm3.72^{b\,A}$	$36.98\pm2.13^{a\,A}$
Chewiness	RBS Bread	$96.26\pm1.05^{e\,B}$	$104.66\pm5.03^{e\,B}$	$261.23\pm2.15^{c\,B}$
	Control Bread	$282.46\pm2.51^{b\,A}$	$222.63\pm2.96^{d\,A}$	$349.76\pm1.85^{a\,A}$
Cohesiveness	RBS Bread	$0.773\pm0.03^{a\,A}$	$0.716\pm0.02^{b\,A}$	$0.713\pm0.01^{b\,A}$
	Control Bread	$0.706\pm0.08^{b\,A}$	$0.66\pm0.09^{c\,A}$	$0.623\pm0.08^{c\,A}$
Gumminess	RBS Bread	$682\pm68.54^{d\,B}$	$750\pm64.86^{dc\,B}$	$964\pm146.63^{c\,B}$
	Control Bread	$1912.66\pm167.66^{b\,A}$	$1983\pm82^{b\,A}$	$2602.33\pm235.03^{a\,A}$

در هر ستون، حروف غیر یکسان بزرگ (A-B)، نشانگر تفاوت معنی‌داری دو نمونه نان در یک روز خاص در سطح α=۰/۰۵ است.

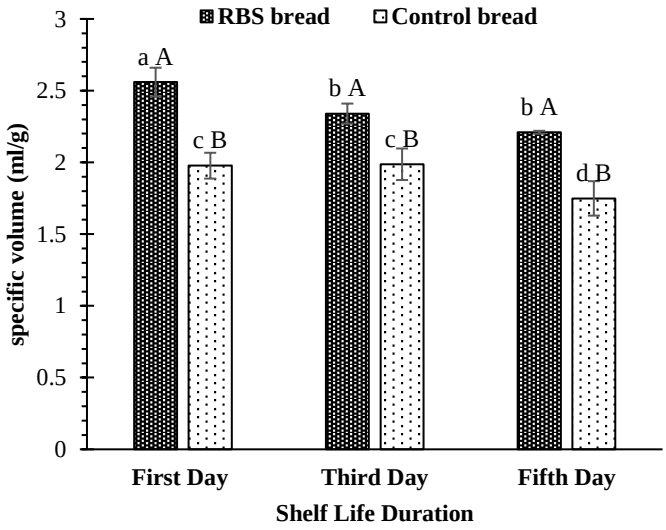
در هر ردیف، حروف کوچک (a-b) اختلاف معنی‌دار هر دو نمونه را در روزهای مختلف در سطح α=۰/۰۵ در نشان می‌دهد

$^{a-b}$ Different superscript letters in the same row between samples denote significant differences ($P< 0.05$)

$^{A-B}$ Different superscript letters in the same column between samples denote significant differences ($P< 0.05$)

حجم مخصوص و تخلخل نان RBS بهینه و نان شاهد طی ماندگاری

حجم مخصوص: حجم مخصوص و تخلخل دو پارامتر مهم کیفیت، مرتبط با ظرفیت نگهداری گاز در خمیر هستند. خمیرترش می‌تواند اسیدهای آلی مختلفی را در هنگام فرآیند تخمیر تولید کند که برای انبساط گلوتن مفید است و در نتیجه ظرفیت نگهداری گاز محصولات را افزایش می‌دهد (Zhou *et al.*, 2021). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارها و روزهای نگهداری هر یک بر مقدار حجم مخصوص اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد. حجم مخصوص نان RBS بهینه در مقایسه با نان شاهد (شکل۱) در روز اول بیشتر است و این نسبت در روزهای بعد نیز ادامه دارد. اما حجم مخصوص هر یک از تیمارها به تنهایی در زمان ماندگاری روند کاهشی دارد به‌طوری که کاهش حجم مخصوص هر دو تیمارخمیرترش بهینه و شاهد روز اول و سوم معنی‌دار بود اما روز سوم و پنجم معنی‌دار نبود. این نتایج با نتایج تحقیقات دی و همکاران (Di et al., 2018) مطابقت دارد، آن‌ها با افزودن درصدهای مختلفی از خمیرترش به نان، افزایش حجم مخصوص را گزارش کردند. صادقی و عابدفر (Sadeghi & Abedfar, 2016)گزارش کردند که نان بربری بدون خمیرترش حجم مخصوص کمتری نسبت به نان دارای خمیرترش دارد و طی ماندگاری، حجم مخصوص هر دو نمونه نان کاهش می‌یابد.



شکل ۱-حجم مخصوص نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد طی ماندگاری

Fig. 1 specific volume of the RBS bread and the Control bread during storage

حروف غیر یکسان بزرگ (A-B)، نشانگر تفاوت معنی‌داری دو نمونه نان در یک روز خاص در سطح α=۰/۰۵ است.

حروف کوچک (a-b) اختلاف معنی‌داری هر دو نمونه را در روزهای مختلف در سطح α=۰/۰۵ نشان می‌دهد.

Different uppercase letters (A-B) indicate a significant difference between the two bread samples on a specific day at the α=0.05 level.

Different lowercase letters (a-b) show a significant difference between the same two samples on different days at the α=0.05 level.

تخلخل: نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تخلخل در جدول (۲) نشان داده شده است. تیمارهای نان دارای RBS با شرایط بهینه در شرایط مشابه با نان شاهد در روز اول، دارای تخلخل بیشتری بودند. مقدار تخلخل هر دو تیمار نان، طی ۵ روز نگهداری دچار کاهش شد اما تخلخل بافت نان RBS از نان شاهد بیشتر بود. بیشترین تخلخل بافت مختص نان بهینه در روز اول و کم‌ترین تخلخل متعلق به نان بدون خمیرترش شاهد در روز پنجم بود. بر اساس یافته‌های محققان ، مهم‌ترین دلیل کاهش بیاتی‌شدن در نان فرآوری شده با خمیرترش، تولید اسید لاکتیک است که سبب افزایش میزان تخلخل، غیر فعال‌سازی آنزیم آلفا آمیلاز و افزایش نرمی بافت نان می‌گردد (Sadeghi *et al*., 2016). این نتایج با نتایج پژوهش (Sadeghi & Abedfar, 2016) همخوانی دارد به طوری که مقدار تخلخل با افزایش زمان ماندگاری چهار روزه نان خمیرترش بربری با آغازگر اختصاصی در مقایسه با نان شاهد بالاتر بود و در روزهای بعد کاهش یافت. استفاده از خمیرترش برای تهیه نان، تخلخل بیشتری نسبت به نمونه‌های کنترل که تخمیر نشده بود، ایجاد کرد (Jagelaviciute & Cizeikiene, 2021).

جدول ۲- تخلخل نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد طی ماندگاری

Table 2- Porosity of the RBS bread and the Control bread during storage

		Shelf Life Duration		
		First Day	Third Day	Fifth Day
Porosity (%)	RBS Bread	$35.361\pm1.3^{a\,A}$	$30.435\pm3.2^{ab\,A}$	$24.6\pm1.41^{bc\,A}$
	Control Bread	$18.66\pm1.47^{dc\,B}$	$18.098\pm1.22^{d\,B}$	$13.58\pm0.97^{d\,B}$

$^{a-b}$ Different superscript letters in the same row between samples denote significant differences (P< 0.05)

$^{A-B}$ Different superscript letters in the same column between samples denote significant differences (P< 0.05)

ویژگی‌های رنگی پوسته نان RBS بهینه و نان شاهد در طی ماندگاری

رنگ پوسته نان RBS و نان شاهد با سه شاخص L*،a*،b* با تکنیک پردازش تصویر (جدول ۳) به دست آمد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که مقدار هر سه شاخص رنگی در نان دارای خمیرترش بیشتر از نان شاهد است و طی زمان ماندگاری از مقدار آن‌ها کاسته شده است. زمان نگهداری بر شاخص a* و b* و هر دو نوع نان بر شاخص b* دارای اثر معنی‌دار بودند.

رنگ در ارزیابی کیفیت نان یک عامل مهم و تعیین کننده قدرتمند است که نقش مهمی در پذیرش مصرف‌کننده دارد. عواملی مانند واکنش مایلارد، دما و زمان پخت، آسیاب‌کردن گندم و تخریب رنگدانه‌ها همگی بر رنگ نان تأثیر می‌گذارند (Durmus *et al*., 2024). در جدول (۳) تأثیر هر یک از تیمارهای نان شاهد و RBS به تنهایی در روزهای نگهداری بر مقدار TCD معنی‌دار (P<۰/۰۵) بودند. نان بهینه RBS در روز اول دارای TCD بیشتری نسبت به نان شاهد بود. و در زمان نگهداری مقدار آن برای هر دو تیمار کاهش یافت. دلیل کاهش TCD طی ماندگاری را می‌توان به تخریب رنگدانه‌ها در گذر زمان یا توزیع یکنواخت‌تر رنگدانه‌ها در پوسته نان‌ها، مرتبط دانست. این نتایج با نتایج به‌دست آمده از تحقیقات ریزلو و همکاران (Rizzello *et al*., 2010) مطابقت دارد؛ آن‌ها گزارش کردند که تخمیر خمیرترش گندم TCD نان را افزایش داده است. صادقی و همکاران (Sadeghi, *et al*., 2019) در پژوهش‌های خود نشان دادند که خمیرترش کنترل شده و خمیرترش خودبه‌خودی، TCD بالاتری نسبت به نان بدون خمیرترش دارند.

جدول ۳- خصوصیات رنگی پوسته نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد در طی ماندگاری

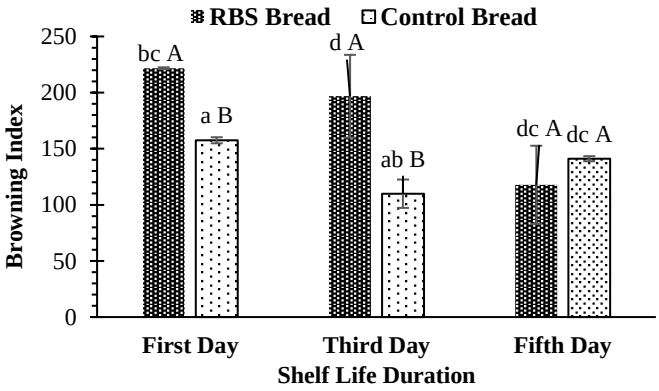
Table 3- Color Properties of the RBS bread and the Control bread during storage

Color Analysis Results		Shelf Life Duration		
		First Day	Third Day	Fifth Day
L*	RBS Bread	$52.386\pm3.95^{a\,A}$	$47.481\pm9.03^{ab\,A}$	$46.159\pm7.2^{ab\,A}$
	Control Bread	$50.895\pm3.4^{a\,A}$	$43.545\pm1.11^{ab\,A}$	$39.883\pm4.97^{b\,A}$
a*	RBS Bread	$34.835\pm4.06^{a\,A}$	$33.019\pm4.63^{ab\,A}$	$25.545\pm2.29^{bc\,A}$
	Control Bread	$31.42\pm2.4^{abc\,A}$	$25.499\pm4.07^{bc\,A}$	$24.965\pm2.74^{c\,A}$
b*	RBS Bread	$48.597\pm4.62^{a\,A}$	$36.94\pm5.72^{ab\,A}$	$24.665\pm2.98^{b\,A}$
	Control Bread	$36.662\pm1.87^{ab\,A}$	$24.736\pm3.45^{b\,B}$	$25.785\pm3.11^{b\,A}$
TCD	RBS Bread	$46.18\pm1.95^{a\,A}$	$36.661\pm4.55^{ab\,A}$	$23.51\pm1.23^{c\,A}$
	Control Bread	$35.021\pm1.9^{b\,A}$	$21.545\pm4.56^{c\,B}$	$20.7\pm4.71^{c\,A}$

[a-b] Different superscript letters in the same row between samples denote significant differences (P< 0.05)

[A-B] Different superscript letters in the same column between samples denote significant differences (P< 0.05)

آنالیز واریانس و مقایسه میانگین شاخص قهوه‌ای شدن پوسته نان RBS در مقایسه با نان بدون خمیرترش در (شکل ۲) نشان داده شده است. هریک از تیمارهای نان و روزهای نگهداری و اثر متقابل روز و تیمار در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. تیمار نان خمیرترشی در روز اول دارای BI بالاتری نسبت به نان شاهد در همان روز بود. با گذر زمان BI نان بهینه روند کاهشی داشت طوری که روز اول و سوم این کاهش معنی‌دار بود. اما در نان شاهد مقدار BI ابتدا کاهش سپس در روز پنجم افزایش یافت اما این افزایش معنی‌دار (p>۰/۰۵) نبود. تغییر pH و اسیدیته بالای خمیرترش به دلیل تولید اسیدهای آلی توسط LAB، می‌تواند سرعت واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (مانند واکنش مایلارد) را کاهش دهد. شرایط نگهداری و عوامل فیزیکی نیز می‌تواند در طول مدت زمان ماندگاری روی واکنش‌های قهوه‌ای شدن اثر منفی بگذارند. رنگ تیره‌تر پوسته ممکن است ناشی از فعالیت بالای آمیلاز در نمونه‌های حاوی خمیرترش باشد که به تولید مالتودکسترین‌ها، مالتوز و گلوکز می‌انجامد. این مواد به واکنش مایلارد کمک می‌کنند و باعث تیره‌تر شدن پوسته می‌شوند (Ganzle, 2014).



شکل ۲-نتایج شاخص قهوه‌ای شدن پوسته نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد طی ماندگاری

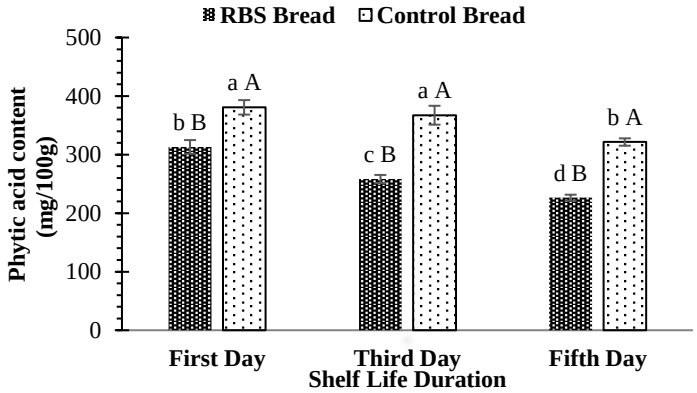
Fig. 2- Results of the BI of the RBS bread and the Control bread during storage

Different uppercase letters (A-B) indicate a significant difference between the two bread samples on a specific day at the α=0.05 level.

Different lowercase letters (a-b) show a significant difference between the same two samples on different days at the α=0.05 level.

مقدار اسید فیتیک موجود در نان RBS بهینه و نان شاهد طی ماندگاری

در (شکل ۳) نتایج مؤثر هیدرولیز اسید فیتیک در نان دارای خمیرترش سبوس برنج را در مقایسه با نان بدون خمیرترش طی ماندگاری نشان می‌دهد. مقدار اسید فیتیک یا فیتات (میلی‌گرم / ۱۰۰گرم نان) در تیمار نان خمیرترش طی ماندگاری و در هر سه روز بررسی شده به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش مقدار اسید فیتیک طی نگهداری نشان می‌دهد که باکتری *P.stilesii* توانسته آنزیم فیتاز بیشتری تولید کند و در شرایط مناسب نگهداری نان موجب کاهش بیشتر این ترکیب شده است. مقدار فیتات در نان بدون خمیرترش طی ماندگاری دچار کاهش شد با این حال، این روند در روز اول و سوم معنی‌دار نبود. اسید فیتیک نان شاهد بدون خمیرترش در تمام روزهای بررسی شده به دلیل نبودن میکروارگانیسم‌های تولید کننده فیتاز، کمتر از نان RBS بود. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج تحقیقات ناصری اصفهانی و همکاران (Naseri Isfehani *et al.*, 2018) مطابقت داشت، این محققان به بررسی توانایی ۴ سویه میکروبی جدید، در قالب خمیرترش، برای کاهش اسیدفیتیک و آکریل‌آمید در نان گندم کامل پرداختند که منجر به کاهش اسید فیتیک در نان‌های تولیدی شد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات بودریک و همکاران (Buddrick *et al.*, 2014) نیز در کاهش مقدار فیتات در نمونه‌های دارای خمیرترش مطابقت دارد.



شکل ۳-نتایج ارزیابی مقدار اسید فیتیک نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد در طی ماندگاری

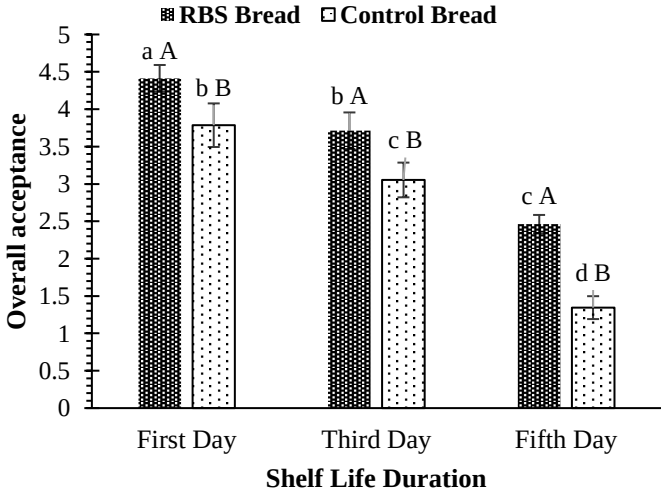
Fig. 3- Results of the Phytic acid content of the RBS bread and the Control bread during storage

Different uppercase letters (A-B) indicate a significant difference between the two bread samples on a specific day at the α=0.05 level.

Different lowercase letters (a-b) show a significant difference between the same two samples on different days at the α=0.05 level.

ارزیابی حسّی نان RBS بهینه و نان شاهد طی ماندگاری

نتایج ارزیابی حسّی نان بهینه و نان شاهد در (شکل ۴) نشان داده شده است. ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌ها نشان داد که نان RBS با اعمال شرایط بهینه در روند تخمیر و فرمولاسیون بر اساس ویژگی‌های طعم، عطر، تخلخل، سفتی بافت، خاصیت ارتجاعی در روز اول و در حالت تازه‌خوری نسبت به نان شاهد بدون خمیرترش دارای امتیاز بیشتری است و از نظر ارزیاباب‌ها مطلوب‌تر از نان شاهد است. اما در روزهای بعد با گذر زمان، مقدار امتیازها کاهش یافته است. هر دو تیمار طی یک هفته دارای تغییرات معنی‌داری در امتیاز و پذیرش حسّی ویژگی‌های نان‌ها ایجاد کرد. شن و همکاران (Shen *et al.*, 2022) گزارش کردند که LAB و باکتری‌های اسید استیک تأثیر بیشتری بر سیستم‌های خمیر دارند و با کاهش pH خمیر و تحریک تولید الکل، استرها، آلدهیدها و سایر ترکیبات عطر نسبت به تخمیر تنها با مخمر، طعم بهتری برای نان گندم کامل بخارپز تولید می‌کنند. نتایج پژوهش این محققان با نتایج پژوهش حاضر در ارزیابی مطابقت دارد به‌طوری که امتیازهای مربوط به نان خمیرترش گندم کامل بخارپز شده از دیگر نمونه‌های با مخمر خشک تجاری و *S.cerevisiae* بیشتر بود.



شکل ٤-نتایج پذیرش کلی نان خمیرترش سبوس برنج بهینه و نان فاقد خمیرترش شاهد در طی ماندگاری

Fig. 4- Results of the Overall acceptance of the RBS bread and the Control bread during storage

Different uppercase letters (A-B) indicate a significant difference between the two bread samples on a specific day at the α=0.05 level.

Different lowercase letters (a-b) show a significant difference between the same two samples on different days at the α=0.05 level.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نان خمیرترش سبوس برنج نوع دوم با استفاده از باکتری *p.stilesii* (باکتری غالب شناسایی شده از تخمیر تصادفی سبوس برنج) در شرایط بهینه تخمیر تهیه و خصوصیات کیفی، حسی و میزان اسید فیتیک آن با نان بدون خمیرترش طی ماندگاری مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد که نان دارای RBS طی ماندگاری به دلیل محیط اسیدی خمیرترش با اثر روی اجزای نشاسته و پروتئین آرد می‌تواند بافت نان را نرم‌تر کند. حجم مخصوص و مقدار تخلخل بافت نان RBS در مقایسه با نان شاهد به دلیل عملکرد آغازگر *p.stilesii* و حفظ گاز در شبکه گلوتن نان بیشتر بود اما به موازات همین نسبت، طی نگهداری از مقدار این خصوصیات کاسته شد. خصوصیات رنگی پوسته نان با تعیین شاخص‌های L*a*b* نشان داد که نان RBS دارای مقدار TCD و BI بیشتر است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که باکتری *p.stilesii* دارای آنزیم فیتاز و توانایی بالقوه در کاهش مقدار اسید فیتیک در نان RBS، در مقایسه با نان شاهد بدون خمیرترش است. همچنین نان دارای RBS نوع دوم دارای امتیازات حسی بالاتری نسبت به نان شاهد است. درنتیجه استفاده از کشت آغازگر بومی در تخمیر خمیرترش

باعث بهبود کیفیت نان، افزایش رضایت مصرف‌کننده و کاهش ضایعات نان می‌شود. علاوه بر این، می‌توان با استفاده از RBS نوع دوم در شرایط بهینه، چالش‌های موجود مرتبط با بیاتی را طی ماندگاری تا حدی کاهش داد و ویژگی‌های کیفی نان مورد نظر را در مدت طولانی‌تری حفظ کرد.

تعارض منافع

نویسنده متعهد می‌گردد نتایج حاصل از پژوهش مذکور را در مجله‌ی دیگری ارسال نکرده و در این راستا منافع تجاری وجود نداشته و در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت ننموده است.

منابع

AACC. (2010). international. Moisture 44-19, protein 46-10, wet gluten 38-12, and ash 08-01 methods. In. St. Paul, MN, USA: AACC. 357.

Abedfar, A., Hosseiinnezhad, M., Sadeghi, A., and Abbaszadeh, F. (2019). Optimization of controlled fermentation in rice bran sourdough and evaluation of quality characteristics of pan bread by using Response Surface Method. Qarterly journal of new food technologies. 6(3), 379–97. (in Persian).

Abedfar, A., Hosseininezhad, M., Sadeghi, A., and Raeisi, M. (2018). Effect of Lactobacillus plantarum isolated from controlled fermentation of wheat bran sourdough on the quality characteristics of pan bread Evaluated by response surface method. Quarterly Applied Microbiology In Food Industries.4(1), 56–74.(in Persian).

Buddrick, O., Jones, O.A.H., Cornell, H.J., and Small, D.M. (2014). The influence of fermentation processes and cereal grains in wholegrain bread on reducing phytate content. Journal of Cereal Science.59(1), 3–8.

Chavan, R.S., and Jana, A. (2008).Frozen dough for bread making–a review. Int J Food Sci Technol. 2, 9–27 .

Durmus, Y., Anil, M., and Simsek, S. (2024). Innovative use of hazelnut skin and starch modifications in sourdough bread formulation. Journal of Food Process Engineering. 47(1).

Dong, Y.N., and Karboune, S. (2021). A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes. In Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(2), 1937–1981.

Di, C., Jinshui, W., Feng, J., and Changfu, Z. (2018). Effects of Sourdough Addition on the Quality and Shelf Life of Chinese Steamed Bread. Grain & Oil Science and Technology. 1(2), 85–90 .

Ebrahimi, M., Ali Noori, S.M., Sadeghi, A., Coban, O. emir., Zanganeh, J., Ghodsmofidi, S.M., Malvandi, Z., Raeisi, M. (2022). Application of cereal-bran sourdoughs to enhance technological functionality of white wheat bread supplemented with pumpkin (Cucurbita pepo) puree. LWT-Food Science and Technology. 158.

Espinales, C., Cuesta, A., Tapia, J., Palacios-Ponce, S., Peñas, E., Martínez-Villaluenga, C., Espinoza, A., and Cáceres, P.J. (2022).The Effect of Stabilized Rice Bran Addition on Physicochemical, Sensory, and Techno-Functional Properties of Bread. Foods. 11(21).

Fraberger, V., Ammer, C., and Domig, K.J. (2020). Functional properties and sustainability improvement of sourdough bread by lactic acid bacteria. Microorganisms. 8(12),1–17 .

Fernández-Peláez, J., Paesani, C., and Gómez, M. (2020). Sourdough technology as a tool for the development of healthier grain-based products: An update. Agronomy. 10(12).

Faraji, A., Moshashei, S.A., and Koshani, M. (2017). Investigating the Effects of Sourdough on the Physicochemical, Textural, and Sensory Properties of Toast Bread Containing Rye Flour. 119-128.(in Persian).

Farahmand, E., Razavi, S.H., Yarmand, M.S., and Morovatpour, M. (2015). Development of Iranian rice-bran sourdough breads: Physicochemical, microbiological and sensorial characterisation during the storage period. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods. 7(3), 295–303.

Gobbetti, M., and Rizzello, C.G. (2024). Basic Methods and Protocols on Sourdough, Humana New York, NY.

Gobbetti, M., Rizzello, C.G., Di Cagno, R., and De Angelis, M. (2014). How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. Food Microbiol. 37,30–40 .

Gänzle, M.G. (2014). Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. Food Microbiol. 37,2–10 .

Jagelaviciute, J., and Cizeikiene, D. (2021). The influence of non-traditional sourdough made with quinoa, hemp and chia flour on the characteristics of gluten-free maize/rice bread. LWT-Food Science and Technology. 137 .

Kia, P.S., Sadeghi, A., Kashaninejad, M., Zarali, M., and Khomeiri, M. (2024). Application of controlled fermented amaranth supplemented with purslane (Portulaca oleracea) powder to improve technological functionalities of wheat bread. Applied Food Research. 100395.

Katsi, P., Kosma, I.S., Michailidou, S., Argiriou, A., Badeka, A. V., and Kontominas, M.G. (2021). Characterization of artisanal spontaneous sourdough wheat bread from central greece: evaluation of physico-chemical, microbiological, and sensory properties in relation to conventional yeast leavened wheat bread. Foods. 10(3).

Khuenpet, K., Pakasap, C., Vatthanakul, S., and Kitthawee, S. (2020). Effect of larval-stage mealworm (Tenebrio molitor) powder on qualities of bread. International Journal of Agricultural Technology. 16(2), 283–96 .

Katina, K., Heiniö, R.L., Autio, K., and Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. LWT-Food Science and Technology. 39(10),1189–202 .

Kotancilar, H. G., Gercekaslan, K., and Karaoğlu, M.M. (2008). Effects of loaf weight and storage time on the qualitative properties of white and traditional Vakfıkebir breads,Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32 (5), 459-467.

Madadi, M., Roshanak, S., Shahidi, F., and Varidi, M.J. (2024). Optimization of a gluten-free sponge cake formulation based on quinoa, oleaster, and pumpkin flour using mixture design methodology. Food Science & Nutrition. 12(4), 2973–84 .

Mohammadi-Kouchesfahani, M., Hamidi-Esfahani, Z., and Azizi, M.H. (2019). Isolation and identification of lactic acid bacteria with phytase activity from sourdough. Food science & nutrition. 7(11), 3700–8 .

Naji-Tabasi, S., Shahidi-Noghabi, M., and Hosseininezhad, M. (2022). Improving the quality of traditional Iranian bread by using sourdough and optimizing the fermentation conditions. SN Appl Sci. 4(5).

Naseri Isfehani, B., Kadivar, M., Shahedi, M., and Solaimanian Zad, S. (2018). Evaluation of the effect of sourdough fermentation containing four strains of lactic acid bacteria on the levels of phytic acid and acrylamide in whole wheat bread. 13(1), 53-62. (In Persian).

Rizzello, C.G., Nionelli, L., Coda, R., Di Cagno, R., and Gobbetti, M. (2010). Use of sourdough fermented wheat germ for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of the white bread. European Food Research and Technology. 230, 645–54.

Srisuk, N., and Jirasatid, S. (2023). Development of instant pumpkin-fingerroot drink powder and its shelf life modeling. Life Sciences and Environment Journal. 24(1),161–82 .

Shen, J., Shi, K., Dong, H., Yang, K., Lu, Z., Lu, F., and Wang, P. (2022). Screening of Sourdough Starter Strains and Improvements in the Quality of Whole Wheat Steamed Bread. Molecules. 27(11).

Siepmann, F.B., Ripari, V., Waszczynskyj, N., and Spier, M.R. (2018). Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing. Food and Bioprocess Technology. 11(2), 242–70 .

Sadeghi, A., Ebrahimi, M., Mortazavi, S.A., and Abedfar, A. (2019). Application of the selected antifungal LAB isolate as a protective starter culture in pan whole-wheat sourdough bread. Food Control. 1;95, 298–307 .

Sadeghi, A., and Abedfar, A. (2016). Comparison of the Effect of Sugar Percentage and Fermentation Time of Sourdough Containing Specific Starter Culture (Lactobacillus plantarum) on Quality of Barbari Bread Produced with Two Different Extraction Rate Flours. Research and Innovation in food science and industry. 24;5(2), 153–70.(in Persian).

Sadighi, A., Sadighi, B., and Ebrahimi, M. (2016). Evaluation of shelf life and sensory properties of baguette bread enriched with sourdough from whole grain barley and pumpkin puree. 81-91.(in Persian).

Terrazas-Avila, P., Palma-Rodríguez, H.M., Navarro-Cortez ,R.O., Hernández-Uribe, J.P., Piloni-Martini, J., Vargas-Torres, A. (2024). The effects of fermentation time on sourdough bread: An analysis of texture profile, starch digestion rate, and protein hydrolysis rate. Journal of Texture Studies. 55(2).

Torkamani, M.G., Razavi, S.H., and Gharibzahedi, S.M.T. (2015). Critical quality attributes of Iranian "Taftoon" breads as affected by the addition of rice bran sourdough with different lactobacilli. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods. 7(3), 305–11 .

Yuksel, F., and Kayacier, A. (2016). Utilization of stale bread in fried wheat chips: Response surface methodology study for the characterization of textural, morphologic, sensory, some physicochemical and chemical properties of wheat chips. LWT. 67, 89–98 .

Zhou, J., Yan, B., Wu, Y., Zhu, H., Lian, H., Zhao, J., Chen, D., and Fan, D. (2021). Effects of sourdough addition on the textural and physiochemical attributes of microwaved steamed-cake. LWT. 1;146 .

Food Engineering Research/Vol.24/No.78/ Spring& Summer 2025/P: 59-72

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Effect of Optimized Second-Type Rice Bran Sourdough on Quality Characteristics, Phytic Acid Content, and Shelf-Life of cup Bread

Fariba Ghorbani Serayedashti , Abbas Abedfar *, Alireza Mehregan Nikoo

* **Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran.
Email: a.abedfar@guilan.ac.ir
Received:10 February 2025 **Accepted**: 12 April 2025
http://doi: 10.22092/fooder.2025.368600.1417

Abstract

Sourdough, as a healthy additive along with beneficial microorganisms such as lactic acid bacteria (LAB) and yeasts, can improve the quality, sensory properties, and nutritional value of bread during its storage. In this study, the second type of rice bran sourdough (RBS) bread was prepared with the optimal condition (18.61% RBS content, 23 hours of fermentation and 2.1% substrate concentration) and fermented with *Pediococcus stilesii*. The quality characteristics and phytic acid content of sourdough bread and non-sourdough bread were investigated and compared during storage (days 1, 3, and 5). The desired quality characteristics included texture, specific volume, porosity, crust color properties, and overall acceptability. Since sourdough breads have less phytic acid than non-sourdough breads due to the presence of LAB and the activation of the phytase enzyme, this feature was also investigated in this study. As expected, the phytic acid content in the RBS bread was lower. The results showed that the RBS bread had better textural, appearance, and sensory characteristics during storage compared to the sourdough-free bread. Due to the acidic environment, lower pH, and the presence of beneficial LAB along with the metabolites produced by them, these breads had greater nutritional benefits and overall acceptance than the sourdough-free counterparts.

Keywords: Phytic acid, Staling, Rice bran sourdough (RBS), Quality characteristics, *Pediococcus stilesii*

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/